

BIOKOMPOSIT HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR AYAM DAN *BIOCHAR* DARI SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN ION TEMBAGA DAN METILEN BIRU

*Biocomposite of Hydroxyapatite from Chicken Egg Shells and Biochar
from Rice Husk As an Adsorbent for Copper Ion and Methylene Blue*

Hendri Setiawan^{*)}, Umi F. Anindi^{*)}, Dedek Y. Pulungan^{*)}, Nur Akbar^{**)}, Atiek R.
Noviyanti^{*)}, Solihudin^{**)}

^{*)}kontributor utama ^{**)}kontributor anggota

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Padjadjaran, Jl. Raya Bandung – Sumedang Km. 21 Jatinangor 45363, Sumedang

atiek.noviyanti@unpad.ac.id

Naskah masuk: 23 Januari 2020, Revisi 1: 30 April 2020, Revisi 2: 8 Juni 2020, Diterima: 22 Juni 2020

ABSTRAK



Pertumbuhan aktivitas industri dan peningkatan penggunaan air telah menyebabkan pelepasan berbagai polutan ke perairan, seperti metilen biru dan ion tembaga. Kadar berlebih metilen biru dan ion tembaga pada perairan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh biokomposit hidroksiapatit dari cangkang telur ayam dan *biochar* dari sekam padi serta kemampuan adsorpsinya terhadap polutan anorganik (Cu(II)) dan polutan organik (metilen biru). Hidroksiapatit (HA) disintesis dengan mengkalsinasi cangkang telur ayam menjadi serbuk CaO yang kemudian direaksikan dengan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Selanjutnya, hidroksiapatit dicampur dengan *biochar* dari sekam padi membentuk biokomposit. Kemampuan uji adsorpsi dilakukan terhadap variasi waktu dan konsentrasi awal larutan logam dan metilen biru. Berdasarkan hasil penelitian, komposit HA-*biochar* menunjukkan waktu kontak terbaik untuk metilen biru dan ion tembaga masing masing 50 dan 30 menit. Uji kemampuan adsorpsi biokomposit terhadap konsentrasi awal metilen biru sebanyak 12,79 ppm menunjukkan bahwa biokomposit mampu mengadsorpsi metilen biru hingga konsentrasi sisa sebesar 1,15 ppm atau persentase maksimum metilen biru yang dapat diadsorpsi dari hasil penelitian ini sebesar 91 %. Kemampuan komposit HA-*biochar* dalam mengadsorpsi metilen biru lebih baik dibandingkan dengan material penyusunnya (HA dan *biochar*). Komposit HA-*biochar* juga mampu mengadsorpsi ion Cu dengan rata-rata persentase adsorpsi sebesar 79,45% dari konsentrasi awal.

Kata Kunci : biokomporit, hidroksiapatit, *biochar*, adsorben, ion tembaga, metilen biru

ABSTRACT

The growth of industrial activity and increasing use of water have effected to the releasing of various pollutants into the waters, as methylene blue and copper ions. Excess levels of methylene blue and copper ions in the water can cause ecosystem damage. This study aims to obtain biocomposites of hydroxyapatite from chicken egg shells and biochar from rice husk as well as their adsorption ability to inorganic pollutants (Cu (II)) and organic pollutant (methylene blue). Hydroxyapatite (HA) was synthesized by calcining chicken eggshells into CaO powder which is then reacted with $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Furthermore HA was mixed with biochar from rice husk to form biocomposites. The ability of the biocomposite adsorption test was carried out by varying the time and initial concentration of the metal solution and methylene blue. Based on the results of the study, HA-biochar composites showed the best contact adsorbing time for methylene blue and copper ions 50 and 30 minutes respectively. Testing of biocomposite adsorption ability to the initial concentration of methylene blue as much as 12.79 ppm showed that the biocomposite is able to adsorb methylene blue to a residual concentration of 1.15 ppm or the maximum percentage of methylene blue that can be adsorbed by 91%. The ability of HA-biochar composites to adsorb methylene blue is better than its constituent materials (HA and biochar). HA-biochar composites was also able to adsorb Cu ions with an average adsorption percentage of 79.45% from the initial concentration.

Keywords: *biocomposite, hydroxyapatite, biochar, adsorbent, copper ion, methylene blue*

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, pertumbuhan aktivitas industri dan peningkatan penggunaan air di seluruh dunia telah menyebabkan pelepasan berbagai polutan ke perairan, seperti logam berat, senyawa fenol, pewarna, pestisida, deterjen dan polutan organik persisten lainnya. Hal ini telah menimbulkan keprihatinan publik yang

serius untuk perlindungan lingkungan dan kesehatan manusia [1, 2].

Metilen biru merupakan senyawa kationik fenotiazin yang berbahaya bagi ekosistem. Hal ini disebabkan metilen biru bersifat mutagenik, karsinogenik, dan *non-biodegradable* sehingga berbahaya bagi makhluk hidup [3]. Kontaminan anorganik seperti ion Cu dapat dihasilkan dalam berbagai aktivitas industri, seperti industri baja, elektroplating, pupuk dan

cat [4]. Toksisitas kronis tembaga dapat menyebabkan sirosis hati karena tembaga terakumulasi dahulu dalam hati. Sementara itu, *lethal dose* dari tembaga sekitar 10-20 g [5].

Metode konvensional untuk remediasi polutan dari fase air dan gas umumnya menggunakan metode presipitasi kimia, pertukaran ion, adsorpsi (menggunakan karbon aktif) dan membran. Metode-metode ini mahal dan sering menghasilkan residu bahan kimia yang tidak memiliki nilai ekonomis [6]. Metode adsorpsi dianggap sangat efektif dan lebih unggul dibandingkan metode pemisahan lain untuk pengolahan air dalam hal ketahanan terhadap zat beracun, rentang pH yang luas, penanganan yang mudah dan efisiensi tinggi [7]. Terlepas dari keunggulan metode adsorpsi, karbon aktif yang umumnya digunakan sebagai adsorben memiliki kelemahan antara lain kapasitas adsorpsi terbatas, biaya tinggi dan selektivitas rendah [8, 9].

Material *biochar* telah menarik perhatian peneliti sebagai adsorben baru yang ekonomis. *Biochar* adalah material yang kaya akan karbon dan dipirolisis dalam wadah tertutup di bawah kondisi anaerobik. Karena sifat-sifat utamanya yaitu luas permukaan yang tinggi dan kapasitas tukar kation,

biochar dapat digunakan untuk perbaikan tanah, peningkatan kesuburan, dan penyerapan karbon. *Biochar* berasal dari produk samping pertanian dan kehutanan yang berpotensi menggantikan karbon aktif sebagai adsorben ekonomis. Namun demikian, *biochar* biasanya memiliki kapasitas adsorpsi yang relatif rendah untuk logam berat [8].

Hidroksiapatit (HA , $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) ditemukan pada tulang dan gigi manusia. HA sintesis dapat diperoleh dari bahan baku cangkang telur. Potensi limbah cangkang telur ayam di Indonesia cukup besar. Cangkang telur ayam mengandung sekitar 94-97% CaCO_3 sehingga sangat berpotensi untuk digunakan dalam sintesis HA [10]. Salah satu metode sintesis HA terbaik yaitu dengan metode hidrotermal karena dapat menghasilkan HA dengan kualitas yang baik, kemurnian tinggi, reaktivitas sangat tinggi dan perolehan yang tinggi [11].

Hidroksiapatit juga sangat cocok untuk mengikat kation logam melalui gugus fungsi P-OH di permukaannya. Hidroksiapatit sebagai adsorben yang ramah lingkungan [12]. Namun demikian, dengan adanya energi permukaan yang tinggi akibat adanya

gaya Van der Waals, nanopartikel HA cenderung membentuk agregat dalam larutan berair yang dapat mengurangi kinerjanya. Oleh karena itu, sintesis biokomposit dari hidroksiapatit dengan *biochar* diharapkan dapat menghasilkan sifat adsorpsi yang diinginkan yang tidak dapat dicapai oleh salah satu komponen saja [8].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu isolasi kalsium oksida (CaO) dari cangkang telur ayam dan sintesis hidroksiapatit dengan metode hidrotermal, sintesis *biochar*, sintesis biokomposit hidroksiapatit-*biochar* dengan metode hidrotermal serta uji adsorpsi. Cangkang hasil kalsinasi dianalisa komposisi kimianya dengan menggunakan XRF (Rigaku Nex CG) untuk melihat seberapa banyak kandungan CaO sebagai sumber HA.

$$\% \text{ rendemen} = \frac{m \text{ praktis}}{m \text{ awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Karakterisasi hasil sintesis HA-*biochar* dilakukan dengan menggunakan XRD (broker D8 *Advanced*) untuk mengetahui karakteristik kristal yang terbentuk, FTIR (PerkinElmer Spectrum 100) untuk mendeteksi gugus fungsi HA, *biochar* dan HA-*biochar* serta SEM-EDX(tipe Hitachi su

3500 with EDAX Octane Pro) untuk mengetahui morfologi dan kandungan HA, *biochar* maupun HA-*biochar*. Karakterisasi hasil uji adsorpsi menggunakan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 660 nm.

2.1 Sintesis Hidroksiapatit

Limbah cangkang telur ayam dibersihkan dari sisa kotoran dan membran yang masih menempel menggunakan akuades kemudian dikeringkan pada udara terbuka selama 24 jam. Cangkang telur yang sudah kering kemudian digerus dengan *planetary ball mill* hingga diperoleh ukuran (-)100 mesh, kemudian dikalsinasi pada suhu 1000°C dengan waktu penahanan 5 jam dan laju kenaikan pembakaran 15°C /menit sehingga dihasilkan serbuk putih kalsium oksida (CaO). Serbuk CaO hasil kalsinasi dilarutkan dalam akuades dan ditambah diammonium hidrogen fosfat, (NH₄)₂HPO₄, (Merck Cas No. 7783-28-0) dengan perbandingan mol Ca:P 1,67. Campuran dimasukkan ke dalam autoklaf dan dipanaskan pada suhu 230°C selama 48 jam. Selanjutnya, kristal disaring menggunakan corong *buchner* dan dicuci menggunakan akuades hingga pH 7. Setelah itu,

kristal dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 2 jam.

2.2 Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Biochar

Sekam padi dipirolisis pada kondisi anaerobik selama 3 jam pada 500°C kemudian didinginkan pada suhu ruang menghasilkan *biochar*. Hidroksiapatit dan *biochar* ditempatkan pada autoklaf lalu dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 200 °C. Selanjutnya, serbuk disaring dan dibilas dengan etanol anhidrat dan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam.

2.3 Uji Adsorpsi Komposit Hidroksiapatit-Biochar

Larutan stok standar ion Cu (II) (500ppm) disiapkan dari $\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan mencampur komposit hidroksiapatit-*biochar* dengan larutan logam berat (2gram/L) pada 25°C. Kinetika adsorpsi diukur pada interval waktu yang berbeda (10, 30 dan 60 menit). Konsentrasi awal yang berbeda dari logam berat (25, 50, 100, 200, dan 300ppm) diterapkan untuk memperoleh isotherm serapan. Campuran disaring dan konsentrasi ion logam berat residual dalam filtrat ditentukan dengan metode titrasi.

Larutan standar metilen biru yang diketahui konsentrasinya (3,2; 6,4; 9,6 dan 12,8 ppm) dicampur dengan komposit hidroksiapatit-*biochar* (2gram/L) kemudian diaduk pada variasi waktu (10, 20, 30, 40, dan 50 menit). Campuran disaring dan hasil adsorpsi dikarakterisasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kalsinasi Cangkang Telur Ayam

Massa cangkang telur ayam yang digunakan yaitu 40,00 gram dan setelah dikalsinasi diperoleh massa sampel 21,88 gram dengan kandungan CaO sebanyak 97,8% sesuai yang ditampilkan pada Tabel 1. Massa CaO yang diperoleh yaitu 21,40 gram dengan persen rendemen yang diperoleh yaitu 54,7% dan LOI (*lost of ignition*) sebesar 45,3%. Hal ini bisa terjadi apabila cangkang telur ayam yang digunakan masih belum bersih dari membrannya. Secara teoritis rendemen yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan 1 dengan rendemen maksimal 56%. Tahap dekomposisi terjadi mulai suhu 100 °C dengan menguapnya air dan dekomposisi CaCO_3 pada suhu 750-1000°C serta dekomposisi senyawa organik pada cangkang telur pada suhu 450°C [8].

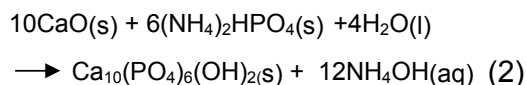
Tabel 1 Hasil karakterisasi XRF cangkang telur ayam yang telah dikalsinasi

Komponen Kimia	Kadar (%)
CaO	97,5
MgO	1,13
Oksida lain	1,37

3.2 Sintesis Hidroksiapatit-Biochar

Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan metode hidrotermal pada suhu 230°C selama 48 jam. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan rasio Ca/P = 1,67 yang mirip dengan HA secara teoritis. Menurut Rodríguez-Lugo *et al.* (2017), sintesis dengan suhu 230°C selama 48 jam akan menghasilkan HA dengan rasio Ca/P= 1,66 [13].

Reaksi pembentukan HA [14]:



Berdasarkan reaksi (2), 6 mol $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ akan bereaksi dengan 10 mol CaO menghasilkan 1 mol HA dengan Mr sebesar 1004,62 g/mol. Keberadaan NH_4OH sebagai produk lain harus dihilangkan selama proses pencucian, karena kation NH_4^+ dikhawatirkan dapat mengganggu proses adsorpsi. Selain itu, kebiasaan juga dapat mempengaruhi proses adsorpsi.

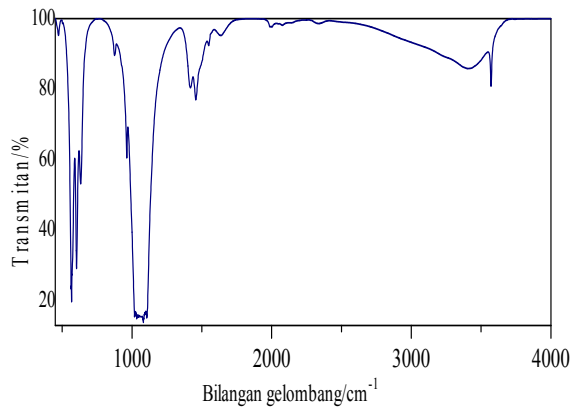
Sekam padi yang telah dipirolisis dan digerus (*biochar*) ditambahkan

dengan HA dan air. Komposit *biochar*:HA dibuat dengan perbandingan yaitu 1:1. Hidroksiapatit berlebih kemungkinan akan membentuk agregat dan menghalangi situs reaktif *biochar*, menyebabkan hilangnya kapasitas adsorpsi metilen biru sehingga kinerja terbaik adsorpsi metilen biru ditunjukkan pada perbandingan komposit *biochar*-HA 1:1 [3].

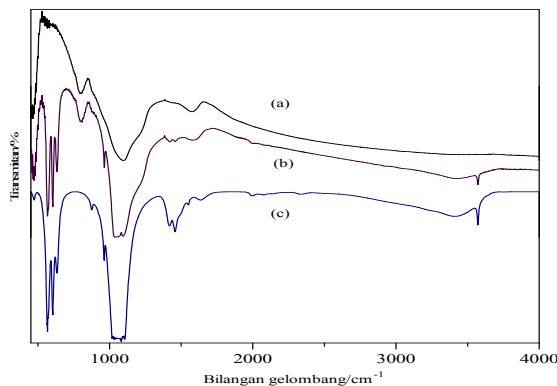
3.3 Karakterisasi FTIR

Gugus fungsi dari HA berupa PO_4^{3-} , O-H, dan CO_3^{2-} dapat dikonfirmasi dengan menggunakan FTIR. Adanya PO_4^{3-} dapat dikonfirmasi dengan adanya puncak pada 1100-1019 cm^{-1} untuk ν_3 , 958 cm^{-1} untuk ν_1 , 605-530 cm^{-1} untuk ν_4 serta 500-400 cm^{-1} untuk ν_2 . Adanya gugus OH dapat dikonfirmasi dengan adanya regangan, vibrasi dan translasi OH yang masing-masing berada pada 3700-2500, 630, dan 390 cm^{-1} [14]. Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bilangan gelombang HA berupa vibrasi PO_4^{3-} pada 1106-1033 cm^{-1} , 962,4 cm^{-1} untuk ν_1 , 566,6 dan 602,8 cm^{-1} untuk ν_4 . Gugus OH dapat dikonfirmasi dengan adanya puncak pada 631,9 cm^{-1} untuk vibrasi dan 3571,4 cm^{-1} berupa regangan gugus O-H. Pada bilangan gelombang 1456,7 dan 1418,5 cm^{-1}

terdapat gugus CO_3^{2-} . Sementara itu, puncak pada $874,5 \text{ cm}^{-1}$ dapat berupa gugus HPO_4^{2-} .



Gambar 1. Hasil karakterisasi FTIR hidroksiapatit



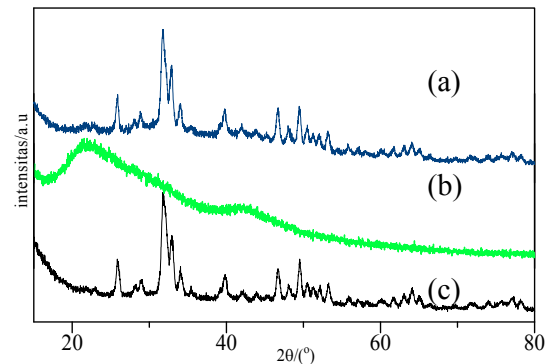
Gambar 2. Hasil karakterisasi FT-IR (a) *biochar*, (b) *HA-biochar*, dan (c) *HA*

Gugus fungsi dari *biochar* dan *HA* dibandingkan dengan komposit yang ditampilkan pada Gambar 2 menunjukkan adanya gugus OH pada $3573,3 \text{ cm}^{-1}$ untuk komposit dan *HA*. Kesamaan puncak untuk *biochar* dan *HA-biochar* ditunjukkan pada panjang gelombang $801,1 \text{ cm}^{-1}$. Menurut Liu *et al.* (2012), pada *biochar* yang dibuat dari sekam gandum menunjukkan

regangan OH sekitar 3423 cm^{-1} dan adanya regangan dan vibrasi C-H pada 2900 cm^{-1} [15]. Adanya puncak lebar pada bilangan gelombang dibawah 600 dan $800\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$ dapat di asumsikan sebagai gugus Si-O. Gugus C=C juga teridentifikasi pada panjang gelombang 1576 cm^{-1} .

3.4 Karakterisasi XRD

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui karakteristik kristal yang terbentuk. Hasil analisis XRD ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil karakterisasi XRD (a) *HA-biochar* (b) *biochar* (c) *HA*

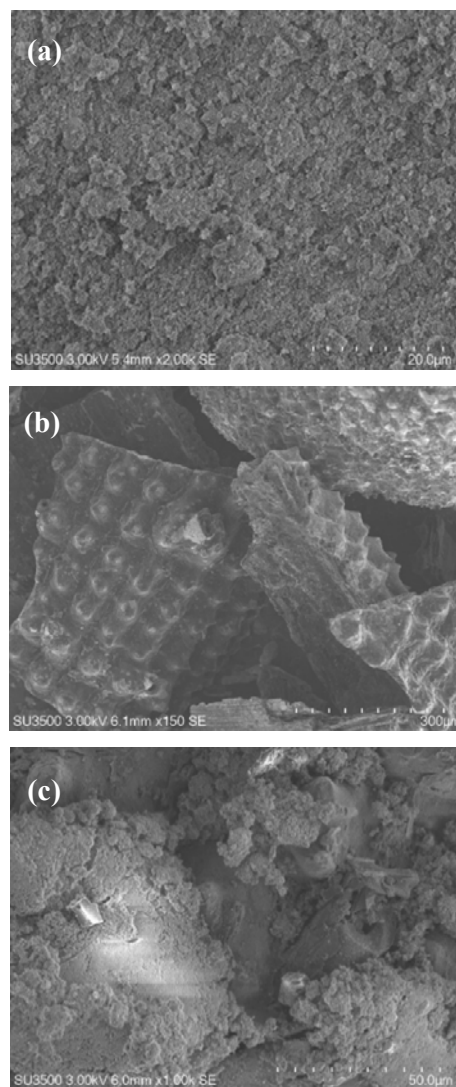
Puncak yang lebar pada $2\theta = 26$ pada *biochar* menunjukkan fase amorf dari SiO. Puncak *HA* dan *HA-biochar* teridentifikasi pada $2\theta = 31,78^\circ$ dan $31,79^\circ$. Hal ini sesuai dengan ICSD 98-016-9498 untuk $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Dari hasil XRD juga teridentifikasi adanya *portlandite* (0,6%) pada *HA* dengan nilai $2\theta = 34,07^\circ$ sesuai dengan ICSD 98-007-3468. *HA* yang disintesis memiliki grup ruang $\text{P6}_3/\text{m}$ ($a=b=$

9,4269 Å dan $c = 6,8838$ Å) dengan nilai GOF (*Goodness of Fit*) 1,5271 dan densitas secara teoritis yaitu 3,1471 g/cm³. Puncak khas *biochar* pada $2\theta = 20-30^\circ$ juga dapat merujuk pada susunan lapisan aromatik grafit (002) [15]. Sementara itu nilai $2\theta = 46,38^\circ$ merujuk pada pembentukan kristal karbon *turbostratic* dalam struktur *biochar* [16].

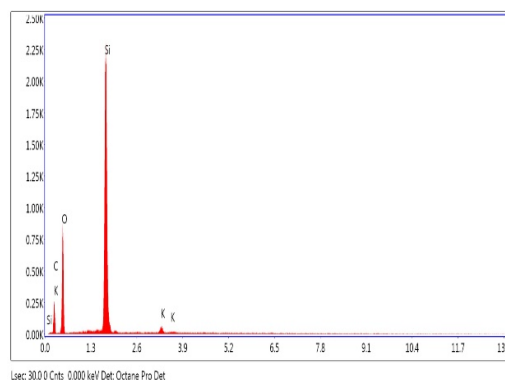
3.5 Karakterisasi SEM-EDS

Analisis SEM-EDS dilakukan untuk mengetahui morfologi sampel dan kandungan di dalamnya. Hasil analisis SEM dari sampel HA hasil sintesis dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada gambar 4a, HA memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi yang juga diamati oleh Ortiz *et al.* (2016) dengan metode yang sama [17]. Akibatnya, morfologi/bentuk dari HA kurang dapat diamati secara pasti. Sementara itu, *biochar* memiliki pori besar [18] yang dapat teramati pada perbesaran yang lebih tinggi pada penampang melintangnya (Gambar 4b). Pada Gambar 4c memperlihatkan HA yang menyelubungi *biochar* disebabkan perbedaan ukuran dan metode sintesisnya dengan Li *et al.* (2018) [3].



Gambar 4. Hasil karakterisasi SEM (a) HA, (b) *biochar*, (c) HA-*biochar*



Gambar 5. Hasil karakterisasi EDS *biochar*

Analisis EDS dilakukan pada sampel *biochar* dan komposit HA-*biochar*. Secara semi kuantitatif unsur Si dan C pada *biochar* sebesar 29,40% dan 27,11% dari total sampel *biochar* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Unsur Si, merupakan komponen terbanyak pada *biochar* yang dapat dimanfaatkan setelah proses *recovery*. Peranan penting dari Si pada proses adsorpsi adalah kemampuan Si mengikat metilen biru dengan interaksi n-n [9]. Hasil karakterisasi EDS komposit menunjukkan adanya unsur terbanyak pada komposit yaitu Si, C dan Ca seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

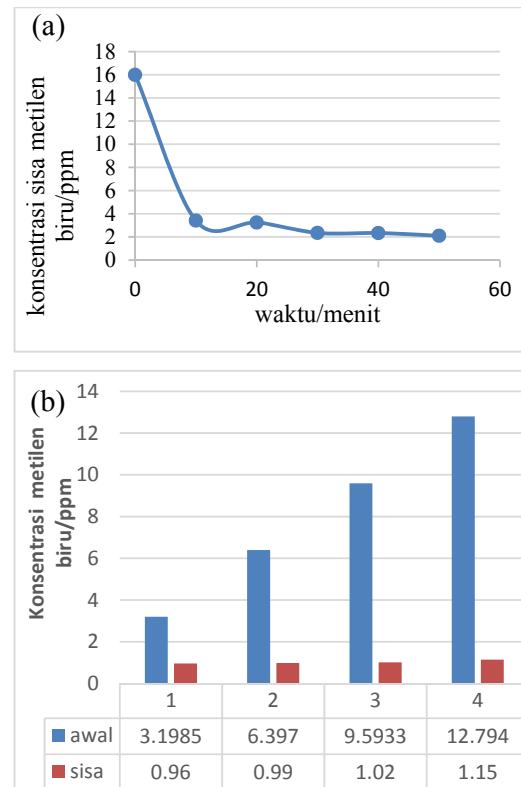
Tabel 2 Hasil karakterisasi EDS komposit HA-*biochar*

Komponen	Kadar (%)
Ca	16,15
C	34,85
P	6,42
Si	9,14
O	33,43

3.6 Kemampuan Adsorpsi Komposit terhadap Metilen Biru

Kemampuan adsorpsi HA-*biochar* terhadap metilen biru dilakukan dengan variasi parameter waktu kontak dan konsentrasi awal polutan. Selain itu, kemampuan adsorpsi komposit juga dibandingkan dengan HA dan *biochar* menggunakan waktu kontak optimal. Berat HA-*biochar* yang digunakan yaitu

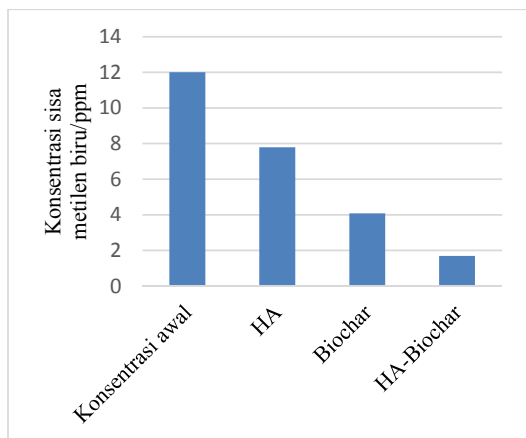
0,1 gram atau 2 gram/L dengan kecepatan pengadukan yaitu 200 rpm. Pengaruh waktu kontak dan konsentrasi awal terhadap kemampuan adsorpsi HA-*biochar* ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kemampuan adsorpsi metilen biru pada variasi kondisi (a) waktu kontak terhadap konsentrasi (b) konsentrasi awal terhadap waktu kontak

Gambar 6a, menunjukkan penurunan konsentrasi (ppm) terhadap waktu kontak dengan konsentrasi awal sampel yang digunakan sebesar 15,99 ppm. Seiring bertambahnya waktu, metilen biru yang diadsorpsi semakin banyak sehingga variasi waktu kontak terbaik yang digunakan untuk

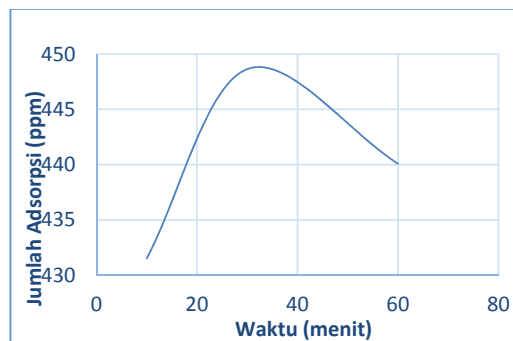
pengujian konsentrasi awal selanjutnya menggunakan waktu kontak 50 menit. Pada Gambar 6b, untuk pengaruh konsentrasi awal metilen biru yang digunakan, sampel dengan konsentrasi awal 12,79 ppm menunjukkan adsorpsi yang sangat baik dengan konsentrasi yang tersisa yaitu 1,15 ppm sehingga diketahui persentase konsentrasi metilen biru yang diadsorpsi dari sampel awal 12,79 ppm sebanyak 91 %. Sebagai pembanding kemampuan adsorpsi HA, *biochar*, dan komposit HA-*biochar* juga dilakukan uji adsorpsi dengan konsentrasi awal metilen biru sebesar 12 ppm dan waktu kontak selama 50 menit (Gambar 7). Komposit HA-*biochar* mampu mengadsorpsi 85% metilen biru yang lebih baik dari HA dan *biochar* yang masing-masing mampu mengadsorpsi 35% dan 65%.



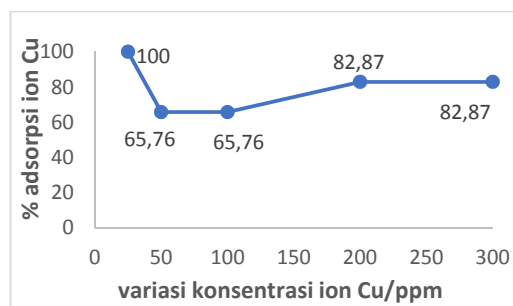
Gambar 7. Pengaruh adsorben terhadap adsorpsi metilen biru

3.7 Kemampuan Adsorpsi Komposit terhadap Ion Cu

Uji kemampuan adsorpsi HA-*biochar* terhadap ion Cu dilakukan dengan variasi parameter waktu kontak dan konsentrasi awal. Pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi komposit ditampilkan pada Gambar 8 sedangkan pengaruh konsentrasi awal larutan terhadap kemampuan adsorpsi ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi komposit



Gambar 9. Adsorpsi variasi konsentrasi ion Cu

Berdasarkan Gambar 8, waktu optimum kontak komposit dengan ion Cu berada pada waktu kontak selama 30 menit. Oleh karena itu, pada pengujian konsentrasi awal selanjutnya

menggunakan waktu kontak sebesar 30 menit.

Gambar 9 menunjukkan persentase ion Cu yang teradsorpsi pada waktu kontak 30 menit. Kemampuan adsorpsi komposit masih menunjukkan kecenderungan jumlah adsorpsi yang tinggi. Berdasarkan uji variasi konsentrasi ion Cu diketahui persentase adsorpsi dari 65-100%, dengan rata-rata persentase adsorpsi sebesar 79,45 % dari konsentrasi awal. Menurut Rosales *et al.* (2017), kapasitas adsorpsi *biochar* pada Cu lebih dari 34 mg/g [19]. Melalui penelitian ini, kapasitas maksimal adsorpsi HA-*biochar* terhadap ion Cu belum diketahui karena konsentrasi maksimum ion Cu yang digunakan adalah 300 ppm, sehingga ketika konsentrasi ion Cu diatas 300 ppm belum teramati.

Perbedaan kemampuan adsorpsi pada sampel metilen biru dan ion Cu disebabkan oleh ukuran molekul sampel dan interaksi adsorben-adsorbat. Metilen biru memiliki struktur yang lebih besar dibandingkan Cu. Berdasarkan literatur, metilen biru mengalami adsorpsi dengan mekanisme interaksi elektrostatik, pertukaran ion, dan interaksi n- π . Sementara Cu dengan *biochar* mengalami interaksi kompleksasi

permukaan, kompleksasi *innersphere*, pertukaran ion, adsorpsi fisik, dan interaksi elektrostatik [19].

IV. KESIMPULAN

Komposit HA-*biochar* memiliki gugus fungsi dari HA dan *biochar*. Spektrum XRD mengonfirmasi adanya puncak HA dan *biochar* dalam komposit HA-*biochar*. Hasil SEM-EDS HA-*biochar* memperlihatkan HA yang menyelubungi *biochar* dengan unsur terbanyak pada komposit yaitu Si dan Ca. Kemampuan adsorpsi komposit HA-*biochar* menunjukkan waktu kontak terbaik untuk metilen biru dan ion tembaga masing masing 50 dan 30 menit. Uji adsorpsi komposit terhadap konsentrasi awal metilen biru sebanyak 12,79 ppm menghasilkan metilen biru dengan sisa konsentrasi 1,15 ppm sehingga diketahui persentase maksimum metilen biru yang dapat diadsorpsi dari hasil penelitian ini sebesar 91 %. Kemampuan komposit HA-*biochar* dalam mengadsorpsi metilen biru lebih baik dibandingkan dengan material penyusunnya (HA dan *biochar*). Sementara untuk adsorpsi pada ion tembaga, komposit HA-*biochar* mampu mengadsorpsi ion Cu dengan rata-rata persentase adsorpsi sebesar 79,45% dari konsentrasi awal. Dalam penelitian ini belum dapat

diamati kemampuan adsorpsi maksimum komposit terhadap ion tembaga karena uji variasi konsentrasi ion Cu terbatas hingga 300 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti melalui Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian Eksakta 2019 No. kontrak 1563/UN6.1.1/KM/2019.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdolali, A., Guo, W.S., Ngo, H.H., Chen, S.S., Nguyen, N.C., & Tung, K.L, "Typical lignocellulosic wastes and by-products for biosorption process in water and wastewater treatment: A critical review", *Bioresource Technology*. 160, 57–66 (2014)
2. World Health Organization, "*Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health*", Geneva, License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2017.
3. Li, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, G., Li, S., Han, R., & Wei, W, "Reed biochar supported hydroxyapatite nanocomposite: Characterization and reactivity for methylene blue removal from aqueous media", *Journal of Molecular Liquids*. 263, 53–63 (2018).
4. Carolin, C.F., Kumar, P.S., Saravanan, A., Joshiba, G.J., & Naushad, M, "Efficient Techniques for the Removal of Toxic Heavy Metals from Aquatic Environment: A Review", *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 5, 2782–2799 (2017).
5. Gray, J.P., Suhali-Amacher, N., & Ray, S.D, "Metals and Metal Antagonists. In *Side Effects of Drugs Annual*", Elsevier B.V., pp. 197–208 (2017).
6. Oliveira, F.R., Patel, A.K., Jaisi, D.P., Adhikari, S., Lu, H. & Khanal, S.K, "Review Environmental application of biochar: Current status and perspectives", *Bioresource Technology*. 246, 110–122 (2017).
7. Amode, J.O., Santos, J.H., Md. Alam, Z., Mirza, A.H., & Mei, C.C, "Adsorption of methylene blue from aqueous solution using untreated and treated (*Metroxylon* spp.) waste adsorbent: equilibrium and kinetics studies", *International Journal of Industrial Chemistry*. 7(3), 333–345 (2016).
8. Wang, Y., Liu, Y., Lu, H., Yang, R. & Yang, S, "Competitive adsorption of Pb(II), Cu(II), and Zn(II) ions onto hydroxyapatite-biochar nanocomposite in aqueous

- solutions". *Journal of Solid State Chemistry*. 261, 53-61 (2018). .
9. Zhu, Y., Yi, B., Yuan, Q., Wu, Y., Wang, M., & Yan, S, "Removal of methylene blue from aqueous solution by cattle manure-derived low temperature biochar", *RSC Advances*. 8[36], 19917–19929 (2018).
10. Wardani, N.S., Ahmad, F. & Irdoni, "Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi", *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 2, 1-6 (2015).
11. Han, J.K., Ho, Y.S., Fumio, S., & Byong, T.L, "Synthesis of High Purity Nano- Sized Hydroxyapatite Powder by Microwave-Hydrothermal Method", *Materials Chemistry and Physics*. 99, 235-239 (2006).
12. Saoiabi, S., Gouza, A., Bouyarmene, H., Laghzizil, A., & Saoiabi, A, "Organophosphonate-modified hydroxyapatites for Zn(II) and Pb(II) adsorption in relation of their structure and surface properties", *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 4, 428-433 (2016).
- Alqap, A.S.F. & Sopyan, I, "Low temperature hydrothermal synthesis of calcium phosphate ceramics: Effect of excess Ca precursor on phase behaviour", *Indian Journal of Chemistry*. 48[11], 1492-1500 (2009).
13. Rodríguez-Lugo, V., Salinas-Rodríguez, E., Vázquez, R.A., Alemán, K., & Rivera, A.L, "Hydroxyapatite synthesis from a starfish and β -tricalcium phosphate using a hydrothermal method", *RSC Advances*. 7(13), 7631-7639 (2017).
14. Alqap, A.S.F. & Sopyan, I, "Low temperature hydrothermal synthesis of calcium phosphate ceramics: Effect of excess Ca precursor on phase behaviour", *Indian Journal of Chemistry*. 48[11], 1492-1500 (2009).
15. Liu, Y., Zhao, X., Li, J., Ma, D., & Han, R, "Characterization of bio-char from pyrolysis of wheat straw and its evaluation on methylene blue adsorption", *Desalination and Water Treatment*. 46[1–3] 115–123 (2012).
16. Behazin, E., Ogunsona, E., Rodriguez-Urbe, A., Mohanty, A.K., Misra, M., & Anyia, A.O, "Mechanical, chemical, and physical properties of wood and perennial grass biochars for possible composite application", *BioResources*. 11[1] 1334–1348

- (2016).
17. Ortiz, S.L., Avila, J.H., Gutierrez, M.P., Gomez-Pozos, H., Karthik, T.V.K., & Lugo, V.R, "Hydrothermal synthesis and characterization of hydroxyapatite microstructures", 2017 14th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, CCE 2017, 0-3 (2017).
 18. Hyväluoma, J., Hannula, M., Arstila, K., Wang, H., Kulju, S., & Rasa, K, "Effects of pyrolysis temperature on the hydrologically relevant porosity of willow biochar", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 134[July] 446–453 (2018).
 19. Rosales, E., Meijide, J., Pazos, M., & Sanromán, M.A, "Challenges and recent advances in biochar as low-cost biosorbent: From batch assays to continuous-flow systems", Bioresource Technology. 246, 176–192 (2017).